

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA ENERGETIKY

Porovnání energetických zdrojů pro vytápění rodinného domu

Comparison of Energy Sources for Family House Heating

Student:

Stanislav Bajer

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Stanislav Bajer**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R009 Provoz energetických zařízení

Téma:

Porovnání energetických zdrojů pro vytápění rodinného domu  
Comparison of Energy Sources for Family House Heating

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

- Výpočet tepelné ztráty rodinného domu
- Výběr možných energetických zdrojů pro vytápění RD
- Posouzení těchto zdrojů z pohledu energetiky a ekonomiky
- Porovnání ročních provozních nákladů u uvedených zdrojů energie

Seznam doporučené odborné literatury:

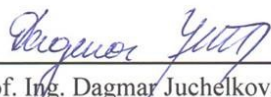
Mrázek, K.: Moderní vytápění bytů a rodinných domů. Praha: SNTL, 1986.  
Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999.  
Dufka, J.: Vytápění netradičními zdroji tepla. BEN – technická literatura, Praha 2003.  
Dufka, J.: Vytápění domů a bytů. 2. vydání. Grada Publishing, s.r.o., Praha 2004.  
Normy, firemní podklady apod..  
Internetové stránky výrobců kotlů a zdrojů energie do 30kW.

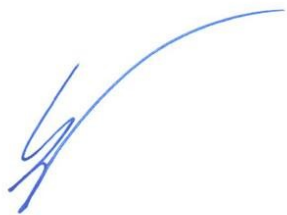
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 13.5.2016 .....

..... Bajic .....

podpis studenta

## Prohlášení o využití výsledků práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

13.5.2016

*Bajer*

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Stanislav Bajer

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Náves 73, 751 08 Bochoř

## **Anotace bakalářské práce**

BAJER, S. *Porovnání energetických zdrojů pro vytápění rodinného domu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2016, 38s, Vedoucí práce: Janalík, R.

Bakalářské práce se zabývá porovnáním energetických zdrojů pro vytápění rodinného domu. Teoretická část se zabývá rodinným domem, pro který budou daná paliva počítána a popisem jednotlivých paliv, která budou porovnávána. Další část je zaměřena na tepelnou ztrátu rodinného domu, která je počítána na základě přiložené dokumentace a dané normy. V závěrečné části je počítána celková potřeba tepla pro vytápění, z které jsou dále počítány jednotlivé roční náklady pro daná paliva a následně jsou porovnány. Z dosažených výsledků vyplývá, že nejekonomičtější palivo je hnědé uhlí, což je zapříčiněno jeho nízkou cenou a také tím, že se může zakoupit mimo otopnou sezónu, kdy je jeho cena nej přijatelnější. Z hlediska energetiky je to zemní plyn především kvůli nižším emisím, vysokému komfortu a díky vyšší účinnosti při spalování.

## **Anotation of bachelor thesis**

BAJER, S. *Comparison of Energy Sources for Family House Heating*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2016, 38p, Thesis head: Janalík, R.

Bachelor thesis deals with the comparison of energy sources for family house heating. Theoretical part deals with family house, for which the fuel will be calculated and descriptions of the various fuels, that will be compared. The practical part is focused on heat loss of the house, which is calculated based on the attached documentation and norm. In the final part is calculated total heating demand, from which are calculated the individual annual costs for a given fuel and then are compared. The obtained results show that the most economical fuel is lignite, that's because of low cost and also because it may be purchased inter the heating season, when the price is the most acceptable. In terms of energy, it is natural gas, mainly because of lower emissions, higher comfort and increased efficiency in combustion.

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Značka	Veličina	Jednotka
B	Charakteristické číslo budovy	[1]
d	Počet dní topné sezóny	[den]
h	Konstrukční výška patra	[m]
h <sub>o</sub>	Výška otvoru	[m]
i <sub>lv</sub>	Součinitel spárové provzdušnosti	$[m^3 \cdot s^{-1} / m \cdot Pa^{0,67}]$
k <sub>c</sub>	Průměrný součinitel prostupu tepla všech konstrukcí místnosti	$[W/m^2 \cdot K]$
k <sub>i</sub>	Součinitel prostupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
l	Délka vrstvy	[m]
l <sub>s</sub>	Vnitřní délka stěny	[m]
l <sub>o</sub>	Délka otvoru	[m]
L	Délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]
m <sub>pal</sub>	Roční spotřeba paliva	[t/rok]
M	Charakteristické číslo místnosti	[1]
n	Potřebná intenzita výměny vzduchu	$[h^{-1}]$
N <sub>p-rok</sub>	Roční provozní náklady	[kč/rok]
p <sub>1</sub>	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	[1]
p <sub>2</sub>	Přirážka na urychlení zátoku	[1]
p <sub>3</sub>	Přirážka na světovou stranu	[1]
Q <sub>c</sub>	Celková tepelná ztráta	[W]
Q <sub>d</sub>	Tepelná ztráta prostupem tepla dveřmi	[W]
Q <sub>i</sub>	Výhřevnost paliva	[MJ/kg]
Q <sub>o</sub>	Základní tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q <sub>ok</sub>	Tepelná ztráta prostupem tepla okny	[W]
Q <sub>p</sub>	Tepelná ztráta prostupem tepla	[W]
Q <sub>t-es</sub>	Tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě během topného období	[W]
Q <sub>v</sub>	Tepelná ztráta větráním	[W]
Q <sub>vyt-r</sub>	Spotřeba tepla na vytápění za rok	[MJ/rok]
Q <sub>z</sub>	Tepelný zisk	[W]
S <sub>d</sub>	Plocha dveří	$[m^2]$
S <sub>i</sub>	Plocha konstrukce	$[m^2]$
S <sub>o</sub>	Plocha otvoru	$[m^2]$
S <sub>ok</sub>	Plocha oken	$[m^2]$
S <sub>p</sub>	Plocha podlahy	$[m^2]$
S <sub>s</sub>	Plocha stěny	$[m^2]$
š <sub>s</sub>	Šířka stěny	[m]
t <sub>i</sub>	Vnitřní teplota místnosti	[°C]
t <sub>e</sub>	Teplota v sousední místnosti nebo venkovního prostředí	[°C]
t <sub>es</sub>	Průměrná venkovní teplota v topné sezóně	[°C]
V <sub>m</sub>	Objem místnosti	$[m^3]$
V <sub>v</sub>	Objemový tok větracího vzduchu	$[W/m^2 \cdot K]$
α <sub>e</sub>	Vnější součinitel přestupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$
α <sub>i</sub>	Vnitřní součinitel přestupu tepla	$[W/m^2 \cdot K]$

$\varepsilon$	opravný součinitel	[1]
$\varepsilon_i$	Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem tepla	[1]
$\varepsilon_t$	Snížení vnitřních teplot během dne	[1]
$\varepsilon_d$	Zkrácení doby vytápění u objektů s přerušovaným provozem vytápění	[1]
$\lambda_i$	Součinitel tepelné vodivosti	[W/m · K]
$\eta_o$	Účinnost obsluhy a možnost regulace	[%]
$\eta_r$	Účinnost rozvodu vytápění	[%]
$\eta_{vyt}$	Účinnost spalování	[%]

## Obsah

1	ÚVOD .....	1
2	Rodinný dům .....	2
3	Energetické zdroje pro vytápění .....	3
3.1	Tuhá paliva .....	3
3.1.1	Uhlí .....	4
3.1.2	Dřevo .....	5
3.1.3	Dřevěné pelety .....	6
3.2	Plynná paliva .....	7
3.2.1	Zemní plyn .....	7
3.3	Elektřina .....	8
4	Výpočet tepelných ztrát .....	9
4.1	Teorie výpočtu tepelných ztrát .....	9
4.2	Tepelná ztráta prostupem tepla .....	9
4.3	Tepelná ztráta prostorem větráním .....	12
4.4	Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými zdmi .....	14
4.5	Tepelná ztráta prostupem tepla vnitřními stěnami .....	17
4.6	Tepelná ztráta prostupem tepla stropem .....	19
4.7	Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou .....	21
4.8	Tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře .....	24
4.9	Tepelná ztráta větráním .....	27
4.10	Tepelné zisky .....	29
4.11	Celková tepelná ztráta .....	29
5	Teoretický Výpočet spotřeby tepla a ročních nákladů .....	30
6	Výpočet spotřeby tepla a ročních nákladů .....	32
7	Závěr .....	34
7.1	Porovnání s pohledu energetiky .....	34
7.2	Porovnání ročních provozních nákladů .....	34



8	Seznam použité literatury .....	35
9	Seznam obrázků .....	37
10	Seznam grafů.....	37
11	Seznam tabulek .....	38
12	Seznam příloh.....	38

# 1 ÚVOD

Již několik let se odborníci snaží zdokonalovat vytápěcí systémy a jejich součásti z důvodu snížení nákladů na vytápění. Toto je zapříčiněno především zvyšující se cenou jednotlivých paliv. Dále se snaží vymýšlet stále nové izolační materiály z důvodu snížení tepelných ztrát rodinných domů a tím i snížení celkové spotřeby tepla potřebného k vytápění. Při zvolení správného paliva a správného spalovacího zařízení může totiž dojít k razantnímu snížení nákladů na vytápění. Proto se teoretická část této práce zabývá běžnými typy paliv, která jsou v dnešní době dobře dostupná, jako je například dřevo, uhlí nebo zemní plyn. Zabývá se především jejich základním popisem a jejich výhodami a nevýhodami. Výpočtová část se zpočátku zabývá především výpočtem jednotlivých ztrát prostupem tepla, jako je prostup tepla stěnou, podlahou, stropem, okny, dveřmi a ztrátou větráním, následně se zabývá tepelnými zisky a výpočtem celkové tepelné ztráty daného rodinného domu, z které se dále počítá celková roční spotřeba tepla, celková roční spotřeba paliva a následně celkové roční provozní náklady. [1]

## 2 RODINNÝ DŮM

Rodinný dům, pro který jsou počítány ztráty a následné ceny daných zdrojů se nachází v obci Bochoř, nedaleko města Přerov. Tato lokalita se promítá do venkovní výpočtové teploty, která je  $-12^{\circ}\text{C}$ . Jedná se o vícepodlažní dům, který je nevhodné vytápět jednotlivými topidly a tudíž s hospodárného hlediska je lepší buď mít vlastní zdroj tepla, nebo být připojen na dálkové vytápění. Teplo je rozvedeno jedním stoupacím potrubím do druhého patra. Jedná se o rodinný dům vytápěný denně, takže nedochází k prochladnutí stěn. Na následujícím obrázku můžeme daný rodinný dům vidět. [1, 4]



Obrázek 3.1-1 Rodinný dům

### 3 ENERGETICKÉ ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ

#### 3.1 *Tuhá paliva*

Tuhá paliva jsou z cenového hlediska jednoznačně nejlevnější. Ze všech paliv se používají nejdéle a v místech kde není zaveden plynovod, budou hlavním palivem i v budoucnosti. Mezi nejdůležitější vlastnosti tuhých paliv patří výhřevnost, zrnitost a obsah vody. Palivo je dále nutné skladovat v suchých větraných prostorech. [1]

Výhody:

- Nízká cena ve srovnání s ostatními palivy,
- Možnost vytvoření větších zásob v období kdy jsou paliva levnější,
- Nezávislost na dodávkách. [1]

Nevýhody

- Nutnost většího skladovacího prostoru,
- Nečistý provoz (tvorba popela). [1]

### 3.1.1 Uhlí

Uhlí je tradiční fosilní palivo, které se k vytápění používá již stovky let. Díky dobré výhřevnosti, jednoduchosti na obsluhu a nízkým nákladům na pořízení a provoz se uhlí řadí mezi nejpoužívanější energetické zdroje. Nejoblíbenější bývá v místech, kde nevedou inženýrské sítě a kde je vyžadována jednoduchá obsluha. Aby došlo k větší úspoře nákladů, je lepší si pořídit nový automatický kotel. Tyto kotle mají větší účinnost a také jsou mnohem komfortnější, proto lze ušetřit až 30% nákladů na vytápění. Díky nástupu automatických kotlů se topení uhlím stává komfortnější, není potřebná trvalá obsluha a také nedochází k vymrznutí domů v nočních hodinách. Automatické kotle mají srovnatelnou regulaci s plynovými kotly, splňují emisní třídu 3, což znamená téměř ekologický provoz a čistou oblohu nad komínem. Práce se dále zabývá především hnědým uhlím. Je to hlavně proto, že navzdory menší výhřevnosti (okolo 5 MJ/kg) je levnější zhruba o 2 Kč/kg, což bývá rozhodující faktor u výběru paliva. Na obrázku 3.1.1-1 můžeme vidět hnědé uhlí [8].

Výhody:

- Nízká cena paliva [1].

Nevýhody:

- Palivo je nutné skladovat,
- Nečistý provoz (manipulace s popelem). [1]



Obrázek 3.1-1 Hnědé uhlí [11]

### 3.1.2 Dřevo

Topení dřevem patří k nejstaršímu způsobu vytápění a v dnešní době k ekonomickému a ekologickému vytápění. Jedná se o obnovitelný zdroj, který není v dnešní době problém obstarat. Je-li možnost dopravy a uskladnění, je topení dřevem jednou z možností jak ušetřit náklady za vytápění. Jeden z problémů u dřeva může být obsah vody, která významně snižuje výhřevnost paliva. Proto je důležité palivo uchovávat v suchu. Na obrázku 3.1.2-1 můžeme vidět možné skladování dřeva. [8]

Výhody:

- Nízká cena paliva,
- Obnovitelný zdroj,
- Ekologická energie. [1]

Nevýhody:

- Nutný dovoz a skladování paliva,
- Častější přikládání,
- Hrozí problém s regulací. [1]



Obrázek 3.1-2 Dřevo [8]

### 3.1.3 Dřevěné pelety

Jedná se o slisovaný váleček čistých pilin bez kůry, které drží pohromadě díky vysokému tlaku a teplotě při lisování a má průměr 6 až 25 mm. Odhaduje se, že v ČR je kotli na pelety vytápěno asi 15 000 domů nebo bytů. Trh s dřevěnými peletami pomalu roste díky programům zelení úsporám nebo kotlíkovým dotacím. Kvalitní peleta musí být na první pohled světlá, měla by mít stejnou barvu a neměla by se drolit. Pokud si však chceme být kvalitou jistí je potřeba zkontrolovat certifikát, který nese označení ENplus. Tyto pelety můžeme vidět na obrázku 3.1.3-1. U nekvalitních pelet musí očekávat problémy se spalováním. [4, 7]

Výhody:

- Dobrá regulace,
- Nízké úlety prachu,
- Ekologické vytápění. [1]

Nevýhody:

- Nutný sklad paliva,
- Nečistý provoz (manipulace s popelem). [1]



Obrázek 3.1-3 Dřevěné pelety [16]

## **3.2 Plyná paliva**

Jedná se o nejrozšířenější palivo používané pro vytápění. V domácnostech se využívá především zemní plyn a propan. K vytápění plynnými palivy je nutné, aby byl v dané lokalitě udělán rozvod plynu, a také je nutné zařídit si plynovou přípojku. [1, 8]

### **3.2.1 Zemní plyn**

Zemní plyn se dočkal nečekaného rozvoje v polovině minulého desetiletí a to hlavně díky snaze zlepšení ovzduší, příznivou cenou a díky uvolnění 6,1 miliard Kč národního fondu, který byl hlavní hybnou silou k plynofikaci. Jelikož nepříznivý vliv zvýšení ceny plynu přináší razantní zvýšení cen, řada odběratelů začíná přemýšlet o změně paliva či samotném odebrání plynu. Díky potrubnímu systému, patří dodávka plynu mezi spolehlivé dodávky. Potrubní systém nepotřebuje žádnou hnací sílu a také má minimální ztráty. Co se týče vlivu zemního plynu na životní prostředí tak je velice pozitivní. Ve srovnání s ostatními palivy má mnohonásobně menší emise, to je zapříčineno také tím, že při spalování nevznikají žádné nespalitelné částice. [4]

Výhody:

- Není potřeba sklad paliva,
- Snadná regulace,
- Velmi vysoká účinnost,
- Ekologická energie. [1]

Nevýhody:

- Nutnost plynového rozvodu a přípojky,
- Cena závislá na změně ceny ropy. [1]



### **3.3 *Elektřina***

Díky jednoduchosti na přípravu, montáž, obsluhu a nízkým pořizovacím nákladům je v poslední době v rodinném domu stále ve větší oblibě. Pro elektrické vytápění je potřeba přípojka elektrické energie, která je součástí každého domu. Akumulační zdroje jsou založeny na principu ukládání energie v době nízkého tarifu do akumulátorového zásobníku (teplovodní zásobník), aby se následně v době energetické špičky energie uvolnila ve formě tepla a využila se k ohřevu vnitřního vzduchu. Při vytápění elektřinou existují speciální dvou tarifové sazby pro cenu elektřiny. Na menší sazbu mohou být napojeny i ostatní spotřebiče (sazba D45d – nízký tarif) a využívat tak výhodnější ceny za elektřinu. [9]

Výhody:

- Není potřeba sklad paliva,
- Velice snadná regulace,
- Velmi vysoká účinnost. [1]

Nevýhody:

- Vysoká cena při vyšším tarifu,
- Nutnost dimenzované sítě. [1]

## 4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT

Před návrhem otopného systému se počítají tepelné ztráty daného objektu. Jde o množství tepla, které uniká v zimním období prostupem přes obvodové zdi, střechu, podlahu a netěsnostmi oken a dveří. Patří sem také tepelná ztráta větráním. Toto množství tepla je potřeba dodávat, aby v jednotlivých místech byla udržována určená teplota [6].

### 4.1 *Teorie výpočtu tepelných ztrát*

Celková tepelná ztráta  $Q_c$  [W], je rovna součtu tepelné ztráty prostupem tepla a tepelné ztráty větráním a je snížena o trvalé tepelné zisky. Je dána rovnicí (1). [6]

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \text{ [W]} \quad (1)$$

Kde:  $Q_p$  je tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

$Q_v$  tepelná ztráta větráním, [W]

$Q_z$  tepelný trvalý zisk. [W]

### 4.2 *Tepelná ztráta prostupem tepla*

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla  $Q_p$  [W] se určí dle rovnice (2). [6]

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \text{ [W]} \quad (2)$$

Kde:  $Q_o$  je základní tepelná ztráta prostupem tepla, [W]

$p_1$  přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí,  $\left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$

$p_2$  přírážka na urychlení zátoku,  $\left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$

$p_3$  přírážka na světovou stranu.  $\left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$  [W], je rovna součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi, které ohraničují vytápěnou místnost od venkovního prostředí nebo sousedící místnosti. [6]

$$Q_o = \sum_{i=1}^{i=n} k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) [W] \quad (3)$$

Kde:  $S_i$  je plocha konstrukce,  $[m^2]$

$k_i$  součinitel prostupu tepla,  $[W / (m^2 \cdot K)]$

$t_i$  vnitřní teplota místnosti,  $[^{\circ}C]$

$t_e$  teplota v sousední místnosti, nebo teplota venkovního prostředí.  $[^{\circ}C]$

Nastane-li situace, že na vnější straně konstrukce je větší teplota jak na vnitřní, tepelný tok prostupující touto konstrukcí má zápornou hodnotu a jedná se tedy o tepelný zisk. [6]

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí  $p_1$  umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované vnitřní teploty  $t_i$ , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta  $Q_o$  [W]. [6]

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí  $p_1$ , je závislá na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti  $k_c$ , který se určí z rovnice (4). [6]

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} [W / (m^2 \cdot K)] \quad (4)$$

Kde:  $\sum S$  je celková plocha konstrukcí ohraničujících místnost,  $[m^2]$

$t_i$  výpočetní vnitřní teplota,  $[^{\circ}C]$

$t_e$  výpočetní venkovní teplota.  $[^{\circ}C]$

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí  $p_1$  se pak stanoví z rovnice (5). [6]

$$p_1 = 0,15 \cdot k_c [W / (m^2 \cdot K)] \quad (5)$$

Součinitel prostupu tepla  $k$ , se určí z rovnice (6). [6]

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} \left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right] \quad (6)$$

Kde:  $\alpha_i$  je součinitel vnějšího přestupu tepla,  $\left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$

$\alpha_e$  součinitel přestupu tepla,  $\left[ \text{W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K}) \right]$

$l$  délka, [m]

$\lambda$  součinitel tepelné vodivosti.  $\left[ \text{W} / (\text{m} \cdot \text{K}) \right]$

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$  z rovnice (7). [6].

$$Q_o = \sum_{i=1}^{i=n} Q_o \left[ \text{W} \right] \quad (7)$$

### 4.3 Tepelná ztráta prostoru větráním

Tepelná ztráta prostoru větráním  $Q_v$  [W] se stanoví z rovnice (8). [6]

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \text{ [W]} \quad (8)$$

Kde:  $V_v$  je objemový tok větracího vzduchu,  $[\text{m}^3/\text{s}]$

$t_i$  výpočtová vnitřní teplota,  $[\text{°C}]$

$t_e$  výpočtová venkovní teplota.  $[\text{°C}]$

Objemový tok větracího vzduchu prostoru  $V_v$  musí vycházet z hygienických, nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$   $[\text{h}^{-1}]$ . [6]

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu  $V_{vp}$  stanoví z rovnice (9). [6]

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (9)$$

Kde:  $i_{LV}$  součinitel spárové provzdušnosti,  $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} / \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67}]$

$L$  délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří,  $[\text{m}]$

$B$  charakteristické číslo budovy,  $[1]$

$M$  charakteristické číslo místnosti.  $[1]$

Hodnoty součinitele spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  oken a dveří jsou uvedeny v literatuře [6]. Celková délka spáry  $L$  se stanovuje se skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se při tom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem a se spárami mezi dvěma na sebe přiléhajícími křídly. Charakteristické číslo budovy  $B$  a charakteristické číslo místnosti  $M$  zjistíme dle literatury. [6]

Kontrola intenzity výměny vzduchu filtrací z rovnice (10). [6]

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_M} \text{ [h}^{-1}\text{]} \quad (10)$$

Z hygienického hlediska musí být minimální intenzita výměny vzduchu infiltrací  $0,5 \text{ h}^{-1}$

Objemový průtok vypočteme z rovnice (11). [10]

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_m [\text{m}^3 / \text{s}] \quad (11)$$

Kde:  $V_m$  je objem místnosti [ $\text{m}^3$ ],  
 $n$  intenzita výměny vzduchu [ $\text{h}^{-1}$ ].

#### 4.4 Tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými zdmi

V následujících tabulkách můžeme vidět materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťky a jejich součinitele tepelné vodivosti [4, 6].

Tabulka 4.4-1 Vrstvy obvodových zdí v 1NP a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l[m]$	$\lambda [W/m \cdot K]$
1	omítka vnitřní	0,03	0,88
2	cihla	0,75	0,80
3	omítka vnější	0,03	0,88

Tabulka 4.4-2 Vrstvy obvodových zdí v 1NP a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l[m]$	$\lambda [W/m \cdot K]$
1	omítka vnitřní	0,03	0,88
2	cihla	0,60	0,80
3	omítka vnější	0,03	0,88

Tabulka 4.4-3 Vrstvy obvodových zdí v 2NP a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l[m]$	$\lambda [W/m \cdot K]$
1	omítka vnitřní	0,03	0,88
2	cihla	0,30	0,80
3	omítka vnější	0,03	0,88

Kde:  $l$  je délka vrstvy [m],

$\lambda$  součinitel tepelné vodivosti [ $W/m \cdot K$ ].

Pro navrhovaný otopný systém rodinného domu je počítáno s venkovní teplotou  $-12^{\circ}C$ , která platí pro oblast Přerov. Vnější a vnitřní teploty jsou použity z literatury [6].

Výpočet vnitřního a vnějšího součinitele přestupu tepla: [4]

$$\alpha_i = \frac{1}{R_{Si}} = \frac{1}{0,13} = 7,7 W / (m^2 \cdot K)$$

Kde:  $R_{Si}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce. [ $(m^2 \cdot K) / W$ ]

$$\alpha_e = \frac{1}{R_{Se}} = \frac{1}{0,04} = 25 W / (m^2 \cdot K)$$

Kde:  $R_{Se}$  je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce. [ $(m^2 \cdot K) / W$ ]

Vzorový výpočet pro místnost č. 2

Po dosazení do rovnice (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7,7} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{0,75}{0,8} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{1}{25}} = 0,85 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

Po dosazení do rovnice (3)

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h - l_o \cdot h_o = (2,8 \cdot 4,9) - (1,45 \cdot 2,1) = 10,68 \text{ m}^2$$

Kde:  $S_s$  je plocha stěny, [m<sup>2</sup>]

$S_o$  plocha otvoru stěny, [m<sup>2</sup>]

$l_s$  vnitřní délka stěny, [m]

$h$  konstrukční výška patra, [m]

$l_o$  délka otvoru, [m]

$h_o$  výška otvoru, [m]

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 0,85 \cdot 10,68 \cdot (20 - (-12)) = 291 \text{ W}$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výslednou tepelnou ztrátu jednotlivých stěn.

Tabulka 4.4-4 Základní tepelná ztráta vnějšími stěnami [4]

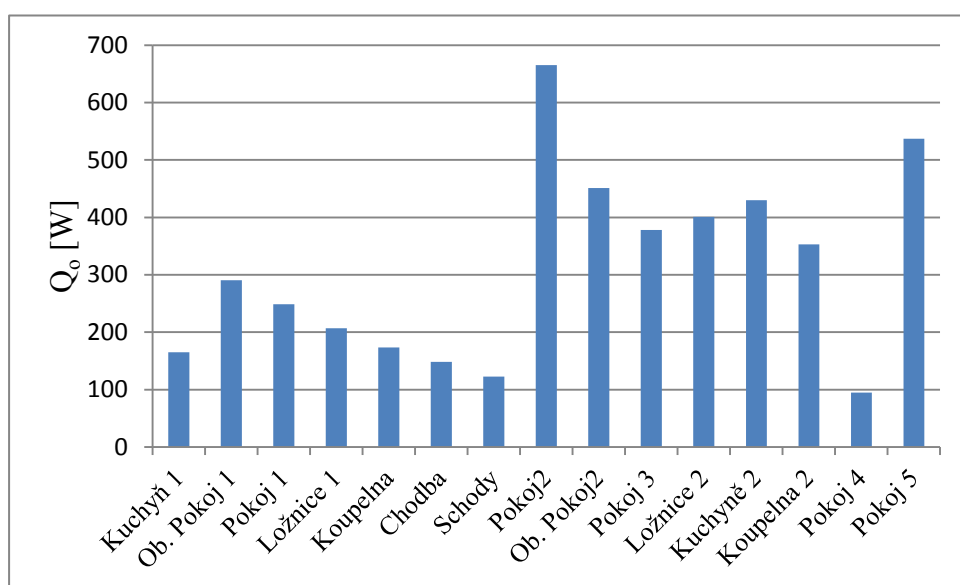
Č. M.	Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$k$ [W/m <sup>2</sup> · K]	$Q_o$ [W]
1	Kuchyně 1	20	-12	6,07	0,85	165
2	Obývací pokoj 1	20	-12	10,68	0,85	291
3	Pokoj 1	20	-12	7,68	1,01	249
4	Ložnice 1	20	-12	6,38	1,01	207
5	Koupelna 1	24	-12	5,36	1,01	174
6	Chodba	15	-12	1,68	2,75	148
7	Schody	10	-12	4,50	0,85	123
8	Pokoj 2	20	-12	5,28	1,15	665
9	Obývací pokoj 2	20	-12	8,64	1,15	451
10	Pokoj 3	20	-12	7,24	1,15	378
11	Ložnice 2	20	-12	7,68	1,15	401
12	Kuchyně 2	20	-12	13,14	1,15	430
13	Koupelna 2	24	-12	6,34	1,15	353
14	Pokoj 4	20	-12	2,62	1,15	94
15	Pokoj 5	20	-12	4,84	1,15	537



Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$ [W] se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulce 4.4-4. Dále jsou tyto hodnoty uvedeny v grafu 4.4-1, z kterého vyplívá, že největší ztrátu má pokoj 2. Důvodem vysoké ztráty tohoto pokoje je především to, že jde o rohový pokoj ve druhém patře, kde jsou tenčí zdi a zároveň jeho vnější zdi nejsou nijak kryty.

Po dosazení do rovnice (7)

$$Q_o = \sum_{i=1}^{15} Q_{o_i} = 165 + 291 + 249 + 207 + 174 + 148 + 123 + 665 + 451 + 378 + 401 + 430 + 353 + 94 + 537 = \underline{4664\text{W}}$$



Graf 4.4-1 Tepelné ztráty obvodovými stěnami v jednotlivých místnostech

#### 4.5 Tepelná ztráta prostupem tepla vnitřními stěnami

V následujících tabulkách jsou uvedeny materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťky a jejich součinitele tepelné vodivosti [4, 6].

Tabulka 4.5-1 Vrstvy vnitřních zdí směrem ke schodišti a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
1	omítka vnitřní	0,03	0,88
2	cihla	0,30	0,80
3	omítka vnější	0,03	0,88

Tabulka 4.5-2 Vrstvy vnitřní zdi v INP směrem do garáže a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
1	omítka vnitřní	0,03	0,88
2	cihla	0,75	0,80
3	omítka vnější	0,03	0,88

Kde:  $l$  je délka vrstvy, [m]

$\lambda$  součinitel tepelné vodivosti. [W/(m · K)]

Vzorový výpočet pro místnost č. 1

Po dosazení do rovnice (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7,7} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{0,3}{0,8} + \frac{0,03}{0,88} + \frac{1}{25}} = 1,63 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

Po dosazení do vzorce (3)

$$S = S_s - S_o = l_s \cdot h - l_o \cdot h_o = (2,8 \cdot 3,95) - (1,9 \cdot 0,8) = \underline{9,54 \text{ m}^2}$$

Kde:  $S_s$  je plocha stěny, [m<sup>2</sup>]

$S_o$  plocha otvoru stěny, [m<sup>2</sup>]

$l_s$  vnitřní délka stěny, [m]

$h$  konstrukční výška patra, [m]

$l_o$  délka otvoru, [m]

$h_o$  výška otvoru. [m]

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 1,63 \cdot 9,54 \cdot (20 - 10) = \underline{156W}$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výslednou tepelnou ztrátu jednotlivých stěn.

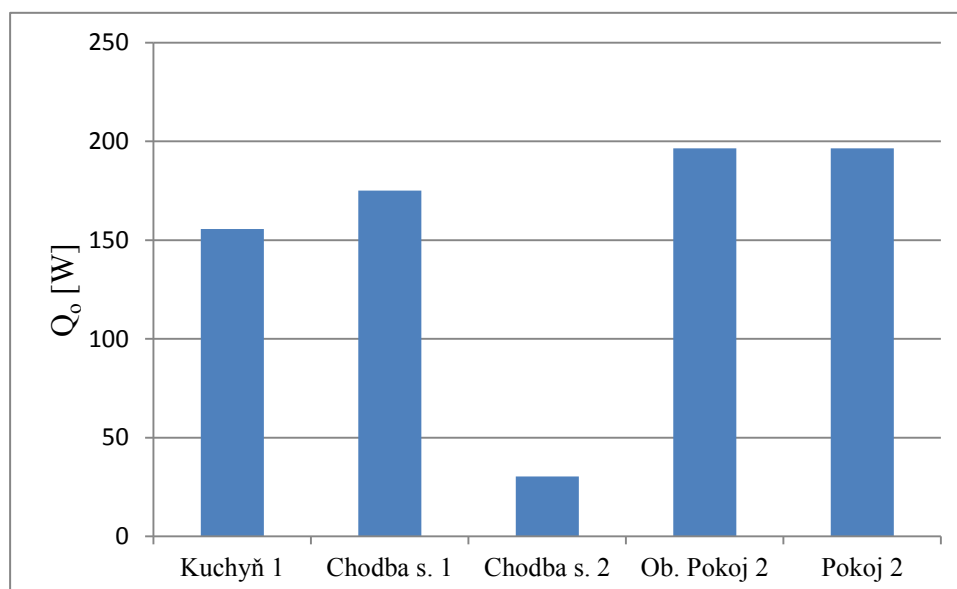
Tabulka 4.5-3 Základní tepelná ztráta vnitřními stěnami [6]

Č. M.	Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$k$ [W/m <sup>2</sup> · K]	$Q_o$ [W]
1	Kuchyň 1	20	10	8,84	1,63	156
2	Chodba s. 1	15	10	4,48	1,35	30
3	Chodba s. 2	15	0	13,72	0,85	175
4	Obývací pokoj 2	20	10	12,04	1,63	196
5	Pokoj 2	20	10	12,04	1,63	196

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$ [W] se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulce 4.5-3. Dále jsou tyto hodnoty uvedeny v grafu 4.5-1, z kterého vyplývá, že největší ztrátu mají obývací pokoj 2 a pokoj 2. Důvodem vysoké ztráty je malá tloušťka zdi a důvodem stejné ztráty těchto pokojů je to, že pokoje mají stejnou šířku a výšku.

Po dosazení do rovnice (7)

$$Q_o = \sum_1^5 Q_o = 155 + 175 + 30 + 196 + 196 = \underline{754W}$$



Graf 4.5-1 Tepelné ztráty vnitřními stěnami v jednotlivých místnostech

## 4.6 Tepelná ztráta prostupem tepla stropem

V následující tabulce jsou uvedeny materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťky a jejich součinitele tepelné vodivosti [4, 6].

Tabulka 4.6-1 Složení stropu a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Podbití	0,01	0,15
3	Trám	0,20	0,15
4	Záklop	0,01	0,15
5	Cihla	0,07	0,80
6	Mazanina	0,01	1,30

Vzorový výpočet pro místnost č. 3

Po dosazení do vzorce (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7,7} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,2}{0,15} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,07}{0,8} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{25}} = 0,57 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

Výpočet základní tepelné ztráty po dosazení do rovnice (3)

$$S = l_s \cdot \check{s}_s = 3,05 \cdot 4,3 = \underline{16,13 \text{ m}^2}$$

Kde:  $S$  je plocha stěny, [m<sup>2</sup>]

$l_s$  vnitřní délka stěny, [m]

$\check{s}_s$  šířka stěny. [m]

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 0,57 \cdot 16,13 \cdot (20 - (-3)) = \underline{212 \text{ W}}$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výslednou tepelnou ztrátu jednotlivých stěn.

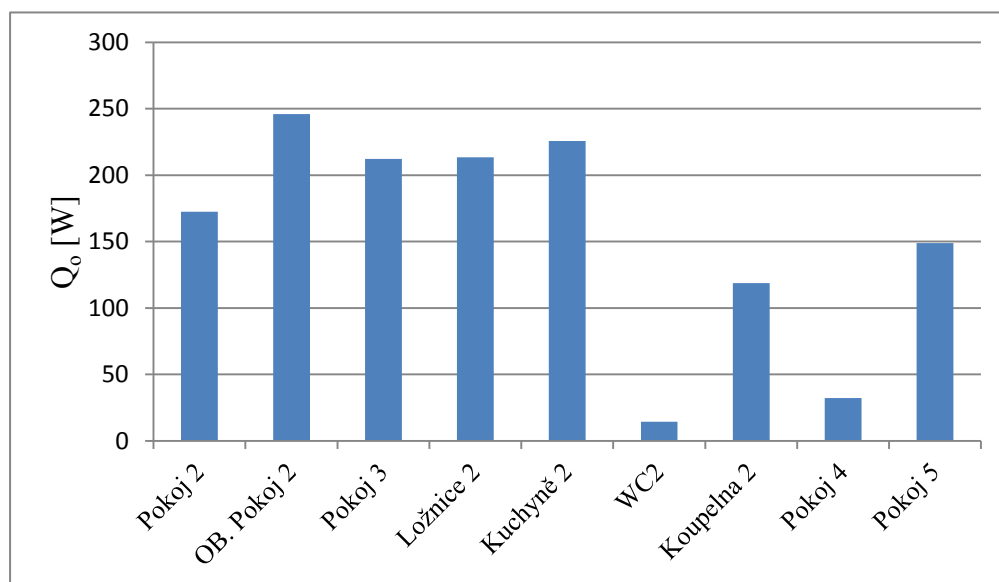
Tabulka 4.6-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla stropem [6]

Č. M.	Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	S [m <sup>2</sup> ]	k [W/m <sup>2</sup> · K]	Q <sub>o</sub> [W]
1	Pokoj 2	20	-3	13,11	0,57	172
2	Obývací pokoj 2	20	-3	18,70	0,57	246
3	Pokoj 3	20	-3	16,13	0,57	212
4	Ložnice 2	20	-3	16,22	0,57	213
5	Kuchyně 2	24	-3	17,16	0,57	226
6	Koupelna 2	20	-3	9,02	0,57	119
7	WC 2	20	-3	1,09	0,57	14
8	Pokoj 4	20	-3	2,45	0,57	32
9	Pokoj 5	20	-3	11,32	0,57	149

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q<sub>o</sub>[W] se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulce 4.6-2. Dále jsou tyto hodnoty uvedeny v grafu 4.6-1, z kterého vyplývá, že největší ztrátu má obývací pokoj 2, který se nachází v druhém patře. Důvodem vysoké ztráty tohoto pokoje jsou jeho rozměry.

Po dosazení do rovnice (7)

$$Q_o = \sum_1^8 Q_o = 172 + 246 + 212 + 213 + 226 + 119 + 14 + 32 + 149 = \underline{1384W}$$



Graf 4.6-1 Tepelné ztráty prostupu tepla stropem

#### 4.7 Tepelná ztráta prostupem tepla podlahou

V následující tabulce jsou uvedeny materiály vrstvy, jeho tloušťka a jeho součinitel tepelné vodivosti [4, 6].

Tabulka 4.7-1 Složení podlahy v 1NP a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l$ [m]	$\lambda$ [W/m · K]
1	Beton	0,30	1,10

Vzorový výpočet pro místnost č. 2

Po dosazení do rovnice (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7,7} + \frac{0,3}{1,1} + \frac{1}{25}} = 2,26 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

Výpočet základní tepelné ztráty po dosazení do rovnice (3)

$$S = l_s \cdot \dot{s}_s = 4,9 \cdot 3,8 = 18,62 \text{ m}^2$$

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 2,26 \cdot 18,62 \cdot (20 - 5) = 642 \text{ W}$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výslednou tepelnou ztrátu jednotlivých stěn.

Tabulka 4.7-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla podlahou v 1NP [6]

Č. M.	Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$k$ [W/m <sup>2</sup> · K]	$Q_o$ [W]
1	Kuchyň 1	20	5	12,25	2,26	415
2	Obývací pokoj 1	20	5	18,95	2,26	642
3	Pokoj 1	20	5	14,57	2,26	494
4	Ložnice 1	20	5	9,6	2,26	325
5	Koupelna 1	24	5	5,08	2,26	172
6	WC 1	20	5	0,95	2,26	32
7	Chodba	20	5	6,15	2,26	208
8	Kotelna	20	5	4,88	2,26	221

V následující tabulce jsou uvedeny materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťky a jejich součinitele tepelné vodivosti [6, 4].

Tabulka 4.7-3 Složení podlahy v 2NP a součinitel tepelné vodivosti [4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Jednotlivé vrstvy	$l[m]$	$\lambda[W/m \cdot K]$
1	Omítka vnitřní	0,02	0,88
2	Podbití	0,01	0,15
3	Trám	0,20	0,15
4	Záklop	0,01	0,15
5	Cihla	0,07	0,80
6	Mazanina	0,01	1,30

Vzorový výpočet pro místnost č. 7

Po dosazení do rovnice (6)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{l_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{7,7} + \frac{0,02}{0,88} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,2}{0,15} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,07}{0,8} + \frac{0,01}{0,88} + \frac{1}{25}} = 0,57 W / (m^2 \cdot K)$$

Výpočet základní tepelné ztráty po dosazení do rovnice (3)

$$S = l_s \cdot \dot{s}_s = 3,05 \cdot 4,3 = 13,12 m^2$$

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 0,57 \cdot 13,11 \cdot (20 - 0) = 150 W$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výslednou tepelnou ztrátu jednotlivých stěn.

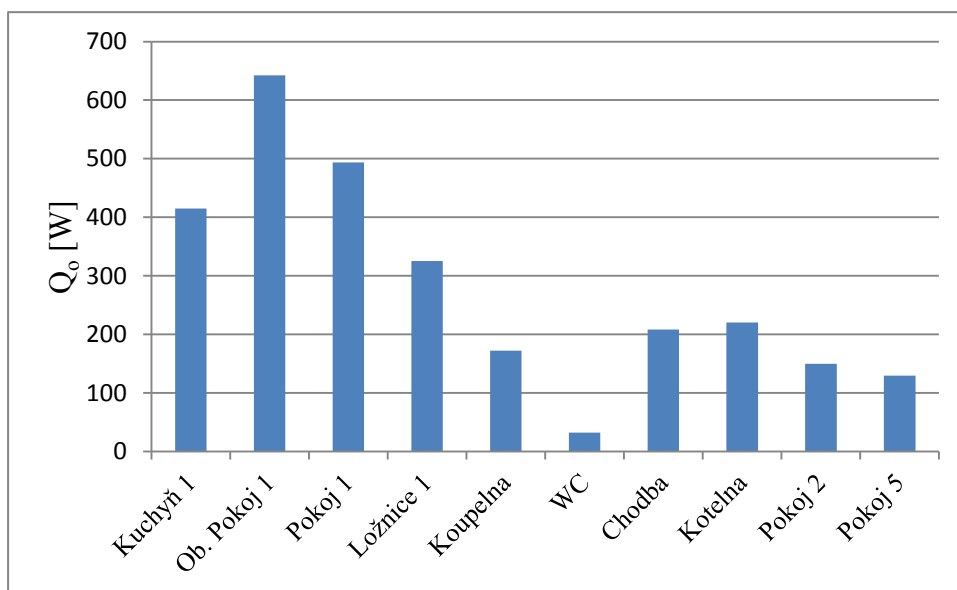
Tabulka 4.7-4 Základní tepelná ztráta prostupem tepla podlahou v 2NP [6]

Č. M.	Místnost	$t_i[^\circ C]$	$t_e[^\circ C]$	$S [m^2]$	$k [W/m^2 \cdot K]$	$Q_o [W]$
8	Pokoj 2	20	0	13,11	0,57	150
9	Pokoj 5	20	0	11,32	0,57	130

Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o[W]$  se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulkách 4.7-2 a 4.7-4. Dále jsou tyto hodnoty uvedeny v grafu 4.7-1, z kterého vyplývá, že největší ztrátu má obývací pokoj v prvním patře. Důvodem vysoké ztráty tohoto pokoje jsou jeho rozměry a to že podlaha je složena pouze z betonu, který má vysoký součinitel tepelné vodivosti.

Po dosazení do rovnice (7)

$$Q_o = \sum_1^8 Q_o = 415 + 642 + 494 + 325 + 32 + 172 + 208 + 221 + 150 + 130 = \underline{2789\text{W}}$$



Graf 4.7-1 Tepelné ztráty prostupu tepla podlahou



#### 4.8 Tepelná ztráta prostupem tepla přes okna a dveře

V následující tabulce jsou uvedeny typy jednotlivých konstrukcí a jejich součinitele prostupu tepla [3, 4].

Tabulka 4.8-1 Typy oken a dveří a součinitel tepelné vodivosti [3, 4, Příloha A]

Číslo vrstvy	Typ konstrukcí	k [W/(m <sup>2</sup> · K)]
1	Plastová okna Oknostyl PREMIUM klasik	1,20
2	Vnitřní dveře plné	2,00

Vzorový výpočet pro místnost č. 1.

Výpočet základní tepelné ztráty po dosazení do rovnice (3)

$$S_{ok} = l_o \cdot h_o = 1,45 \cdot 1,8 = \underline{2,61m^2}$$

$$S_d = l_o \cdot h_o = 1,9 \cdot 0,8 = \underline{1,52m^2}$$

$$Q_o = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 1,2 \cdot 2,61 \cdot (20 - (-12)) = \underline{100W}$$

$$Q_d = k_i \cdot S_i \cdot (t_i - t_e) = 2 \cdot 1,52 \cdot (20 - 10) = \underline{30W}$$

V následujících tabulkách jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, plochy jednotlivých stěn, součinitele prostupu tepla a výsledné tepelné ztráty jednotlivých stěn.

Tabulka 4.8-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla okny [6]

Č. M.	Místnost	t <sub>i</sub> [°C]	t <sub>e</sub> [°C]	S [m <sup>2</sup> ]	k [W/m <sup>2</sup> · K]	Q <sub>o</sub> [W]
1	Kuchyň 1	20	-12	2,61	1,2	100
2	Obývací pokoj 1	20	-12	3,05	1,2	117
3	Pokoj 1	20	-12	1,98	1,2	76
4	Ložnice 1	20	-12	2,58	1,2	99
5	Koupelna 1	20	-12	0,66	1,2	25
6	Schody	10	-12	2,70	1,2	104
7	Pokoj 2	20	-12	3,26	1,2	125
8	Obývací pokoj 2	20	-12	3,26	1,2	125
9	Pokoj 3	20	-12	3,26	1,2	125
10	Ložnice 2	20	-12	1,98	1,2	76
11	Kuchyň 2	20	-12	1,98	1,2	76
12	Koupelna 2	20	-12	0,66	1,2	25
13	Pokoj 5	20	-12	2,58	1,2	99

Tabulka 4.8-3 Základní tepelná ztráta prostupem tepla dveřmi [6]

Č. M.	Místnost	$t_i$ [°C]	$t_e$ [°C]	$S$ [m <sup>2</sup> ]	$k$ [W/m <sup>2</sup> · K]	$Q_o$ [W]
1	Chodba s. 1	20	-12	1,33	2	85
2	Kuchyň 1	20	10	1,52	2	30
3	Kuchyň 2	20	10	1,52	2	30
4	Pokoj 5	20	10	1,33	2	27
5	Chodba s. 2	20	10	1,33	2	27

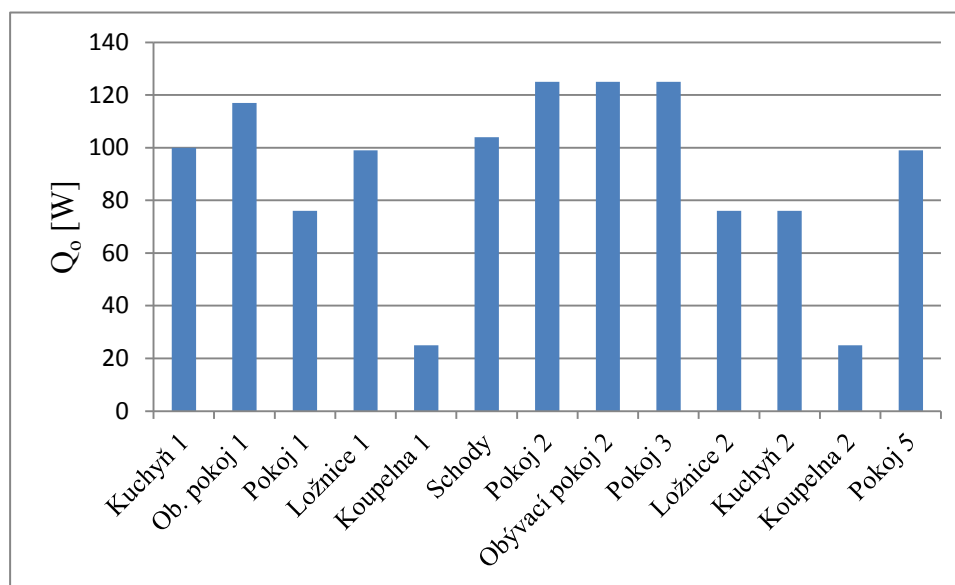
Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$  [W] se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých oken a dveří. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulce 4.8-2 a 4.8-3. Největší ztrátu prostupem tepla oknem mají pokoj 2, obývací pokoj 2 a pokoj 3. Jedná se o pokoje ve druhém patře a důvodem proč je tepelná ztráta oken stejná je, že okna mají stejné rozměry. Největší tepelná ztráta prostupem tepla dveřmi je v chodbě v prvním patře směrem do dvora. Důvodem vysoké tepelné ztráty je to, že se jedná o obyčejné dřevěné dveře s vysokým součinitelem přestupu tepla a vysokým teplotním rozdílem mezi vnitřní a venkovní teplotou.

Po dosazení do rovnice (7)

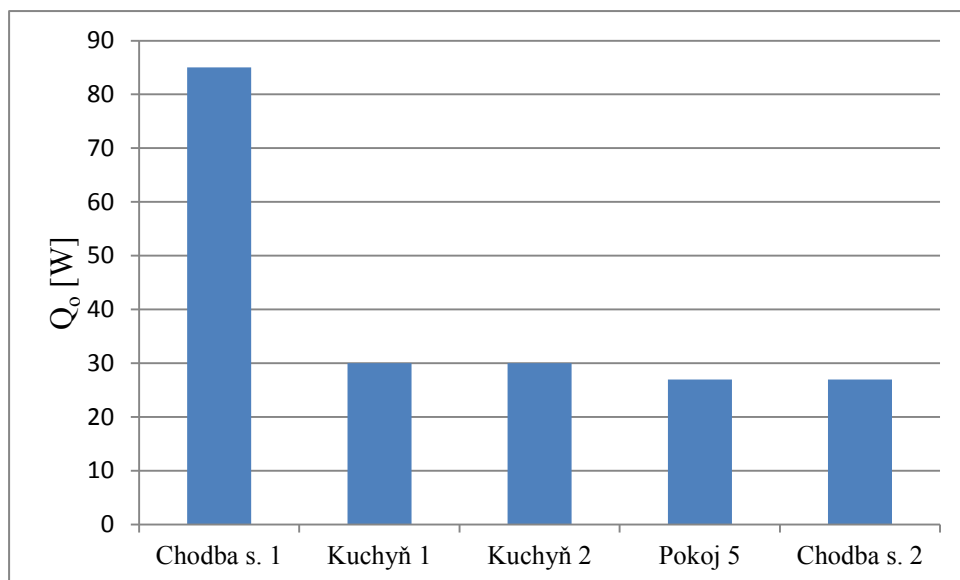
$$Q_{ok} = 100 + 117 + 76 + 99 + 25 + 104 + 125 + 125 + 125 + 76 + 76 + 25 + 99 = \underline{1174W}$$

$$Q_d = 85 + 30 + 30 + 27 + 27 + 13 = \underline{199W}$$

$$Q_o = Q_{ok} + Q_d = 1174 + 199 = \underline{1413W}$$



Graf 4.8-1 Tepelné ztráty prostupu tepla okny



Graf 4.8-2 Tepelné ztráty prostupu tepla dveřmi

## 4.9 Tepelná ztráta větráním

Vzorový výpočet pro místnost č. 1.

Tepelná ztráta se vypočítá z rovnice (8)

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) = 1300 \cdot 0,00435 \cdot (20 - (-15)) = \underline{181W}$$

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu  $V_{vp}$  stanoví z rovnice (9)

$$V_{vp} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M = (0,00014 \cdot 14,8) \cdot 3 \cdot 0,7 = \underline{0,00435m^3 / s}$$

Kontrola intenzity výměny vzduchu filtrací dle rovnice (10)

$$n = \frac{3600 \cdot \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M}{V_M} = \frac{3600 \cdot (0,00014 \cdot 14,8) \cdot 3 \cdot 0,7}{32,15} = \underline{0,5h^{-1}}$$

Objemový průtok vypočteme z rovnice (11)

$$V_v = \frac{n}{3600} \cdot V_M = \frac{0,5}{3600} \cdot 32,12 = \underline{0,00435m^3 / s}$$

V následující tabulce jsou uvedeny vnitřní a venkovní teploty, objemy jednotlivých místností a výsledná tepelná ztráta jednotlivých místností.

Tabulka 4.9-1 Základní tepelná ztráta větráním [6]

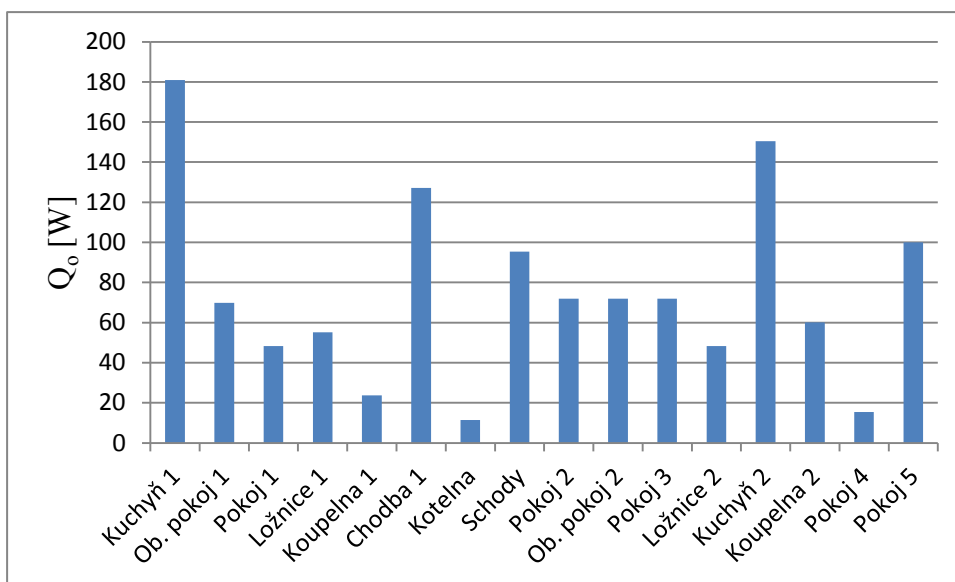
Č. M.	Místnost	$t_i [^{\circ}C]$	$t_e [^{\circ}C]$	$V_m [m^3]$	$Q_o [W]$
1	Kuchyň 1	20	-12	0,0044	181
2	Obývací pokoj 1	20	-12	0,0017	70
3	Pokoj 1	20	-12	0,0012	48
4	Ložnice 1	20	-12	0,0013	55
5	Koupelna 1	20	-12	0,0006	24
6	Chodba 1	20	-12	0,0026	127
7	Kotelna	20	15	0,0007	11
8	Schody	20	-12	0,0011	95
9	Pokoj 2	20	-12	0,0017	72
10	Obývací pokoj 2	20	-12	0,0017	72
11	Pokoj 3	20	-12	0,0017	72
12	Ložnice 2	20	-12	0,0012	48
13	Kuchyň 2	20	-12	0,0024	150
14	Koupelna 2	20	-12	0,0006	60
15	Pokoj 4	20	-12	0,0004	15
16	Pokoj 5	20	-12	0,0003	100

Základní tepelná ztráta větráním  $Q_o[W]$  se vypočítá jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností. Hodnoty jednotlivých ztrát jsou uvedeny v tabulce 4.9-1. Největší ztrátu větráním má kuchyň 1. Jedná se o kuchyň v prvním patře a důvodem vysoké ztráty je, že v místnosti je počítáno s oknem a dveřmi.

Po dosazení do rovnice (7)

$$Q_o = \sum_1^{16} Q_o = 181 + 70 + 48 + 55 + 24 + 127 + 11 + 95 + 72 + 72 + 72 + 48 + 150 + 60 + 15 + 100$$

$$Q_o = \underline{1202W}$$



Graf 4.9-1 Tepelná ztráta větráním

#### 4.10 Tepelné zisky

Tepelné zisky vypočítáme jako součet tepelných zisků od osob, které se nacházejí v rodinném domě a součet tepelných zisků od spotřebičů. Jednotlivé zisky od osob a spotřebičů jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 4.10-1 Tepelné zisky [10]

	Osoba [W]	Pc [W]	Tv [W]
Tepelné zisky	60	120	100

Výpočet tepelných zisků vypočteme jako součet zisků jednotlivých zařízení a osob.

$$Q_z = 7 \cdot 60 + 3 \cdot 120 + 3 \cdot 100 = \underline{1080W}$$

#### 4.11 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta se vypočítá jako součet tepelných ztrát prostupem tepla, tepelných ztrát větráním a je snížena o hodnotu trvalých zisků. Celkovou tepelnou ztrátu zjistíme po dosazení do rovnice (1):

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z = 5452 + 2789 + 1384 + 1203 + 1174 + 239 - 1080$$

$$Q_c = \underline{11160W}$$

Celková ztráta vyšla 11 160W. Tato ztráta je poměrně velká, ale je to zapříčiněno především tím, že daný rodinný dům není nijak zateplen.

## 5 TEORETICKÝ VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA A ROČNÍCH NÁKLADŮ

Spotřeba tepla na vytápění za rok vypočtená z rovnice (12).

$$Q_{\text{vyt-r}} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_{\text{t-es}} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot d \cdot \frac{1}{1000000} [\text{MJ / rok}] \quad (12)$$

Kde:  $\varepsilon$  je opravný součinitel, [-]

$\eta_o$  účinnost obsluhy a možnost regulace, [%]

$\eta_r$  účinnost rozvodu vytápění, [%]

$Q_{\text{t-es}}$  tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě během topného období, [W]

$d$  délka otopné sezóny. [dny]

Tepelná ztráta při průměrné venkovní teplotě během topného období vypočtená z rovnice (13).

$$Q_{\text{t-es}} = Q_c \cdot \frac{(t_i - t_{es})}{(t_i - t_e)} [\text{W}] \quad (13)$$

Kde:  $Q_c$  je celková tepelná ztráta, [W]

$t_i$  vnitřní výpočtová teplota, [°C]

$t_{es}$  průměrná venkovní teplota v topné sezóně, [°C]

$t_e$  venkovní výpočtová teplota. [°C]

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_d \quad (14)$$

Kde:  $\varepsilon_i$  je nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem tepla, [1]

$\varepsilon_t$  snížení vnitřních teplot během dne, [1]

$\varepsilon_d$  zkrácení doby vytápění u objektů s přerušovaným provozem vytápění. [1]

Roční spotřeba paliva:

$$m_{\text{pal}} = \frac{Q_{\text{vyt-r}}}{Q_c \cdot \eta_{\text{vyt}}} [\text{t} / \text{rok}] \quad (15)$$

Kde:  $Q_{\text{vyt-r}}$  je spotřeba tepla na vytápění za rok, [GJ/rok]

$Q_c$  celková tepelná ztráta, [W]

$\eta_{\text{vyt}}$  účinnost spalování. [%]

Roční provozní náklady:

$$N_{\text{p-rok}} = m_{\text{pal}} \cdot \text{cena} + 12 \cdot \text{paušál} [\text{Kč}] \quad (16)$$

Kde:  $m_{\text{pal}}$  je množství spotřebované paliva, [t/rok]

cena – cena za tunu nebo MWh paliva, [Kč/t, Kč/MWh]

měsíční paušál – poplatek za 1 měsíc. [Kč]



## 6 VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA A ROČNÍCH NÁKLADŮ

V následující tabulce jsou uvedeny výhřevnosti jednotlivých paliv, účinnosti spalování, účinnosti obsluhy a možnosti regulace. [4]

Tabulka 6-1 Energetické zdroje a jejich vlastnosti [4]

	Palivo	$Q_i$ [MJ/kg]	$\eta_{vyt}$ [%]	$\eta_o$ [1]
1	Hnědé uhlí	17,18	86	0,9
2	Dřevo	14,6	86	0,9
3	Dřevěné pelety	17	87	0,9
4	Zemní plyn		93	1
5	Elektřina		95	1

Vzorový výpočet pro hnědé uhlí.

Po dosazení do vzorce (14):

$$\varepsilon = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_d = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = \underline{0,576}$$

Po dosazení do vzorce (13):

$$Q_{t-es} = Q_c \cdot \frac{(t_i - t_{es})}{(t_i - t_e)} = 11159,7 \cdot \frac{(20 - 3,5)}{(20 - (-12))} = \underline{5754,23 W}$$

Po dosazení do vzorce (12):

$$Q_{vyt-r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot Q_{t-es} \cdot 3600 \cdot 24 \cdot d = \frac{0,576}{0,9 \cdot 0,95} \cdot 5754,23 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 252 \cdot \frac{1}{1000000}$$

$$Q_{vyt-r} = \underline{84403,1 MJ / rok}$$

Po přepočtu pro zemní plyn a elektřinu:

$$Q_{vyt-r} = \frac{75962,75}{3600} = \underline{21,1 MWh}$$

Po dosazení do vzorce (15):

$$m_{pal} = \frac{Q_{vyt-r}}{Q_c \cdot \eta_{vyt}} = \frac{84403,1}{17,18 \cdot 0,86} = \underline{5712,64 kg / rok}$$

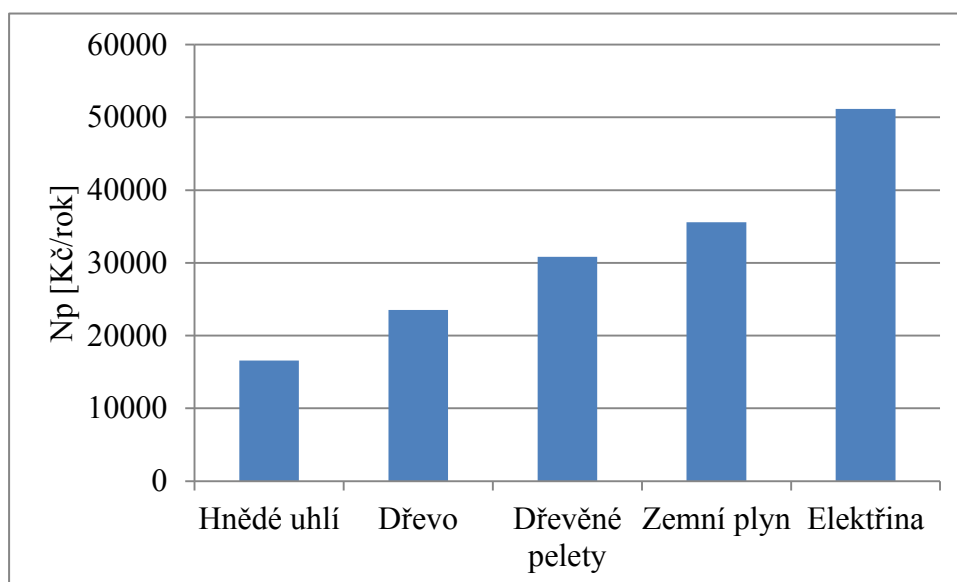
Po dosazení do vzorce (16):

$$N_{p-rok} = m_{pal} \cdot cena = 5712,64 \cdot 2,9 = 16566,64 K\check{c} / rok$$

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé ceny paliv, měsíční poplatky, množství paliva spotřebovaného za rok a výsledné roční náklady. Tyto hodnoty můžeme následně vidět v grafu 6-1, z kterého vyplívá, že nejlevněji vychází vytápění hnědým uhlím a nejdražší je vytápění elektřinou. Důvod proč hnědé uhlí vychází nejlevněji je tím, že jeho cena je poměrně nízká, stejně jako jeho spotřeba.

Tabulka 6-2 Porovnání ročních provozních nákladů [4, 5]

	Palivo	Cena [Kč/t] [Kč/MWh]	Tarif [Kč/měsíc]	$m_{\text{pal}}$ [t/rok] [MWh/rok]	$N_{\text{p-rok}}$ [Kč/rok]
1	Hnědé uhlí	2900	-	5,7	16 567
2	Dřevo	3500	-	6,7	23 527
3	Dřevěné pelety	5400	-	5,7	30 817
4	Zemní plyn	1402	313	22,69 ?	35 566
5	Elektřina	2150	284	22,21 ?	51 162



Graf 6-1 Zhodnocení energetický zdrojů z hlediska ekonomiky

## 7 ZÁVĚR

Úvodní část práce se zabývala daným rodinným domem a následně zvolenými typy paliv pro jeho vytápění. Teoretická část se zabývala výpočtem tepelných ztrát, který byl následně aplikován ve výpočtové části. Závěrečná část se zabývala výpočtem celkové spotřeby tepla, z které byly vypočtené jednotlivé roční náklady, a následně byla provedena jejich porovnání.

### 7.1 *Porovnání s pohledu energetiky*

Z hlediska energetiky, bylo nejdříve potřeba získat základní znalosti paliv, se kterými je počítáno. Po získání těchto znalostí a jejich následném porovnání s pohledu energetiky se jako nejlepší jeví zemní plyn. Jedná se o velmi komfortní palivo, při jehož spalování vzniká mnohem méně emisí než například u tuhých paliv. Emise oxidů dusíku a CO<sub>2</sub> dosahují 25-50% toho, čeho se dosahuje při spalování uhlí nebo biomasy. Kotle na zemní plyn zároveň dosahují větších účinností a není u nich nutná žádná obsluha, jako je například u kotlů na tuhá paliva zbavování se popela a jiných tuhých zbytků.

### 7.2 *Porovnání ročních provozních nákladů*

Z hlediska ročních provozních nákladů, bylo nejdříve důležité určit jednotlivé tepelné ztráty. Jako první se určila tepelná ztráta prostupem tepla podlahou, stropem, obvodovými a vnitřními zdmi, dále tepelná ztráta větráním a následně tepelné zisky. Po zjištění jednotlivých tepelných ztrát bylo následně možné vypočítat celkovou spotřebu tepla, ze které se následně dalo určit výsledné množství paliva spotřebovaného za rok a následně roční provozní náklady, jsou uvedeny v tabulce 6-2. Z této tabulky vyplývá, že tuhá paliva, se kterými bylo počítáno, vychází levněji než zemní plyn a elektřina. Jako nejlevnější palivo se jeví hnědé uhlí, jehož roční náklady vycházejí na 16 567 Kč. To že vychází hnědé uhlí jako nejlevnější palivo je především tím, že má jednu s nejnižších cen a jde jej nakoupit i mimo otopnou sezónu do zásoby, když je za výhodnější cenu, na rozdíl od zemního plynu, který se kupuje kontinuálně a bohužel se jeho cena stále nepříznivě zvyšuje.

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DUFKA, Jaroslav. Vytápění domů a bytů. 2., zcela přeprac. vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 8024706423.
- [2] DUFKA, Jaroslav. Vytápění domů a bytů. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 1997. ISBN 8071694010.
- [3] Plastová okna Oknostyl PREMIUM klasik. *OKNO STYL* [online]. c2008-2009 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.oknostyl.cz/>
- [4] Tzb-info: tzbinfo stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. c2001-2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/>
- [5] RWE: *RWE The energy to lead* [online]. c2016 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.rwe.cz/>
- [6] ČSN 06 0210: Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Český normalizační institut, 1994.
- [7] Česká peleta zdravé a komfortní palivo: Pelety, brikety, dřevo. *Ceska peleta* [online]. c2016 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/>
- [8] Instalatéři Ekomplex - instalace vody, kanalizací, vytápění a plynu: Topení - topenáři - vytápění. *Vodatopeniplyn* [online]. c2016 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <http://www.vodatopeniplyn.eu/>
- [9] IReceptář.cz nový tip každý den: Elektrické kotle. *Ireceptar* [online]. c2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/energie-a-vytapeni/jak-topit-co-nejusporneji-vyber-kotle-a-paliva/>
- [10] Technika prostředí: zjednodušený výpočet tepelných zisků pro návrh chlazení. *Qpro* [online]. c2006-2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.qpro.cz/Tepelne-zisky-mistnosti>
- [11] INFUEL: Mostecké hnědé uhlí - Kostka, Ořech I, Ořech II. *INFUEL* [online]. c2013 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: [http://www.infuel.cz/index.php?route=product/product&product\\_id=113](http://www.infuel.cz/index.php?route=product/product&product_id=113)

- [12] Biom.cz biomasa, biopaliva, bioplyn, pelety, kompostování a jejich využití:  
Výroba pelet. *Biom* [online]. c2001-2009 [cit. 2016-04-02]. Dostupné z:  
<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>

## **9 SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 3.1-1 Rodinný dům .....	2
Obrázek 3.1-1 Hnědé uhlí .....	4
Obrázek 3.1-2 Dřevo .....	5
Obrázek 3.1-3 Dřevěné pelety .....	6

## **10 SEZNAM GRAFŮ**

Graf 4.4-1 Tepelné ztráty obvodovými stěnami v jednotlivých místnostech .....	16
Graf 4.5-1 Tepelné ztráty vnitřními stěnami v jednotlivých místnostech .....	18
Graf 4.6-1 Tepelné ztráty prostupu tepla stropem .....	20
Graf 4.7-1 Tepelné ztráty prostupu tepla podlahou .....	23
Graf 4.8-1 Tepelné ztráty prostupu tepla okny .....	25
Graf 4.8-2 Tepelné ztráty prostupu tepla dveřmi .....	26
Graf 4.9-1 Tepelná ztráta větráním .....	28
Graf 6-1 Zhodnocení energetický zdrojů z hlediska ekonomiky .....	33

## 11 SEZNAM TABULEK

Tabulka 4.4-1 Vrstvy obvodových zdí v 1NP a součinitel tepelné vodivosti .....	14
Tabulka 4.4-2 Vrstvy obvodových zdí v 1NP a součinitel tepelné vodivosti .....	14
Tabulka 4.4-3 Vrstvy obvodových zdí v 2NP a součinitel tepelné vodivosti .....	14
Tabulka 4.4-4 Základní tepelná ztráta vnějšími stěnami.....	15
Tabulka 4.5-1 Vrstvy vnitřních zdí směrem ke schodišti a součinitel tepelné vodivosti .....	17
Tabulka 4.5-2 Vrstvy vnitřní zdi v 1NP směrem do garáže a součinitel tepelné vodivosti.....	17
Tabulka 4.5-3 Základní tepelná ztráta vnitřními stěnami .....	18
Tabulka 4.6-1 Složení stropu a součinitel tepelné vodivosti.....	19
Tabulka 4.6-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla stropem .....	20
Tabulka 4.7-1 Složení podlahy v 1NP a součinitel tepelné vodivosti.....	21
Tabulka 4.7-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla podlahou v 1NP .....	21
Tabulka 4.7-3 Složení podlahy v 2NP a součinitel tepelné vodivosti.....	22
Tabulka 4.7-4 Základní tepelná ztráta prostupem tepla podlahou v 2NP .....	22
Tabulka 4.8-1 Typy oken a dveří a součinitel tepelné vodivosti .....	24
Tabulka 4.8-2 Základní tepelná ztráta prostupem tepla okny .....	24
Tabulka 4.8-3 Základní tepelná ztráta prostupem tepla dveřmi.....	25
Tabulka 4.9-1 Základní tepelná ztráta větráním.....	27
Tabulka 4.10-1 Tepelné zisky .....	29
Tabulka 6-1 Energetické zdroje a jejich vlastnosti .....	32
Tabulka 6-2 Porovnání ročních provozních nákladů .....	33

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A- výkresová dokumentace